

Premi SIMRI 2016 ed Abstract dal Congresso SIMRI



Pletismografia a luce strutturata: una nuova tecnologia per la valutazione della funzionalità respiratoria in soggetti pediatrici asmatici

Structured light plethysmography: a revolutionary technology to evaluate lung function in asthmatic children

Michele Piazza, Laura Tenero, Giulia Paiola, Marco Sandri, Marta Florile, Attilio Boner, Giorgio Piacentini

Dipartimento di Scienze Chirurgiche, Odontostomatologiche e Materno Infantili, Sezione Pediatria, Università degli Studi di Verona

Corrispondenza: Michele Piazza **email:** michele.piazza@univr.it

Riassunto: La pletismografia a luce strutturata (SLP) è una nuova metodica non invasiva che rileva, attraverso la proiezione di una scacchiera luminosa sul torace del paziente, i movimenti toracici ed addominali durante la normale respirazione. Con il software di elaborazione è possibile, grazie ad una ricostruzione grafica in 3D su PC, estrapolare una serie di parametri, tra cui la curva flusso-volume, le misure di ostruzione bronchiale, il tempo inspiratorio ed espiratorio, il tempo totale di un completo atto respiratorio ed il contributo al carico respiratorio di specifici settori.

È stato condotto uno studio longitudinale sottoponendo a valutazione con SLP pazienti di età compresa tra i 5 e i 14 anni affetti da asma bronchiale e soggetti pediatrici seguiti per il controllo di crescita (controlli sani). Obiettivo dello studio è valutare se i movimenti toracici registrati con la tecnica SLP possono essere comparati con i parametri di funzionalità respiratoria ricavati con la spirometria. Il gruppo di controlli sani presentava parametri di SLP nettamente inferiori rispetto ai soggetti asmatici ($p = 0.009$). È emersa una correlazione statisticamente significativa tra funzionalità respiratoria (FEV_1) e valori dei movimenti toracici rilevati con SLP ($p = 0.029$). Sono necessari ulteriori studi per estrapolare i *cut-off* e *pattern* di SLP che permettano di caratterizzare meglio i quadri di ostruzione bronchiale da correlare con il grado di severità dell'asma.

Parole chiave: asma, pletismografia a luce strutturata, bambini

Summary: Structured Light Plethysmography (SLP) is a new non-invasive technology to assess chest and abdominal breathing movements projecting a light grid on the chest wall. A special software captures, records and shows graphical and numerical parameters in 3D. In particular is possible to evaluate a flow/volume loop, bronchial obstruction, inspiratory and expiratory time, and a total breath time. Moreover, the software shows the relative contribution in different tracings. Aim of this longitudinal study was to evaluate whether chest-wall movements recorded with SLP technology show any relation with respiratory function test. Aim of this longitudinal study was to evaluate whether chest-wall movements recorded with SLP technology show any relation with respiratory function test.

Asthmatic patients and healthy subjects (age, 5-14 years) underwent to spirometry and SLP measurement during tidal breathing. Patients with asthma showed significantly higher SLP values ($p = 0.009$). Moreover, there was a significant relationship between FEV_1 and SLP ($p = 0.029$). Further studies are needed to calculate SLP patterns and cut-off values in order to discriminate different phenotypes of asthma.

Key words: asthma, structured light plethysmography, children

INTRODUZIONE

La misurazione non invasiva dei volumi polmonari è sempre stata uno degli obiettivi di fisiologi e pneumologi (1). Le tecniche oggi utilizzate permettono, attraverso pneumotacografi e spirometri, di quantificare flussi e volumi, ma la misurazione di questi ultimi attraverso la valutazione dei movimenti toracici e addominali si effettua mediante la pletismografia optoelettronica.

Questa tecnica fornisce dati sulle variazioni di volume polmonare mediante la misurazione dello spostamento di particolari *markers* riflettenti posti sulla parete toraco-addominale, senza necessità di particolare collaborazione da parte del paziente o l'utilizzo di boccagli filtro.

L'analisi del movimento permette, attraverso un software, di ricostruire in 3D la superficie marcata ed estrapolarne i volumi (2).

Sebbene l'alto grado di affidabilità, questa tecnica è stata oggi accantonata a causa di problemi di costo, gestione ed ingombro delle apparecchiature utilizzate.

Tuttavia, il progresso tecnico ha consentito di applicare una nuova tecnologia, la pletismografia a luce strutturata (*Structured Light Plethysmography*; SLP), altrettanto semplice e che riesce, in parte, a superare le criticità della pletismografia optoelettronica.

La SLP è una nuova tecnica di *imaging* che sfrutta la luce strutturata per la misurazione dei movimenti toracici durante un atto respiratorio.

In particolare, uno speciale proiettore riproduce sul torace e sull'addome del paziente una scacchiera di luce bianca non UV, quindi non dannosa.

Ai lati del proiettore sono collocati due detector sensibili (30 fotogrammi per secondo), che rilevano i movimenti toracici ed addominali durante un normale atto respiratorio.

Ogni telecamera estrapola un'immagine bidimensionale della scacchiera proiettata e, dalla registrazione di circa 200 punti, le immagini del torace e dell'addome vengono ricostruite in 3D su un monitor di un personal computer. Attraverso l'analisi dei movimenti della parete toraco-addominale sono estrapolati i flussi d'aria polmonari (3-6).

MATERIALI E METODI

È stato condotto uno studio longitudinale su pazienti sani ed asmatici di entrambi i sessi con età compresa tra i 5 ed i 14 anni. Ogni soggetto arruolato ha eseguito la spirometria ed è stato sottoposto alla registrazione dei movimenti toraco-addominali con SLP (Thora-3DI™ PneumaCare, Cambridge, UK). Per la registrazione SLP, ogni paziente è stato valutato in posizione supina cercando di mantenere gli arti superiori allineati lungo il corpo in modo tale che la spina iliaca antero-superiore fosse posizionata sullo stesso piano della contro-laterale.

Anche gli arti inferiori sono stati mantenuti distesi ed allineati per garantire una simmetria del bacino. Il proiettore, inoltre, è stato posto in posizione perpendicolare al torace.

La tecnica non richiede particolare collaborazione: è sufficiente una respirazione spontanea per almeno 2 minuti e la ripetizione della registrazione per almeno 3 test consecutivi.

Ogni paziente è stato valutato in modo tale che la griglia proiettata rappresentasse la superficie rilevata. A tal fine, il fuoco della proiezione veniva modificato attraverso la variazione dell'altezza del proiettore rispetto al paziente.

Con la tecnica SLP sono ricavabili i seguenti parametri:

- Ti (tempo inspiratorio), media di tutti gli atti respiratori della porzione inspiratoria della registrazione;
- Te (tempo espiratorio), media di tutti gli atti respiratori della porzione espiratoria della registrazione;
- Ttot (tempo totale), durata in secondi del ciclo respiratorio totale (media di tutti gli atti respiratori della registrazione);
- IE 50, rapporto tra il flusso inspiratorio e il flusso espiratorio al 50% del volume totale (ricavato dal movimento del torace in espirio, mentre il flusso è derivato dal tempo di movimento toracico).

L'analisi dei movimenti toraco-addominali permette di ricavare anche altri parametri, come il *principal angle*, l'angolo dell'asse principale del Konno-Mead *plot* rispetto alla retta che forma un angolo di 45° (1), ed il *relative expired contribution*, rapporto tra i volumi espiratori ricavati dal movimento espiratorio di una specifica regione rispetto al volume corrente che indica quale tra due regioni analizzate (addome/torace, sinistra/destra) sia prevalente nel contributo al lavoro respiratorio. Lo *spread* invece è il rapporto tra la lunghezza della perpendicolare all'asse principale e la lunghezza dell'asse principale. Esso fornisce informazioni analoghe al *phase*, che misura in gradi il sincronismo dei movimenti di due regioni, come per esempio torace/addome.

La misura di *phase* è compresa tra 0° e 180°: un valore inferiore a 20° indica un movimento sincronizzato di due regioni, mentre un valore che si avvicina a 180° indica un movimento completamente opposto e sfasato. I valori di normalità sono compresi in un range compreso tra 0° e 20°

Mediante SLP sono stati misurati frequenza respiratoria, tempo inspiratorio ed espiratorio, rapporti T_i/T_e e T_i/T_{tot} , IE50, *principal angle*, *relative expired contribution*, *spread* e *phase*. I valori sono stati espressi come media, mediana, deviazioni standard (SD), quartili e valori estremi con i relativi intervalli di confidenza al 95%.

Tutti i valori, analizzati con il software statistico GraphPad Prism per Windows® sono stati messi in relazione al gruppo di appartenenza (soggetti sotto controllo o asmatici).

Un valore di $p < 0.05$ è stato considerato statisticamente significativo.

RISULTATI

Sono stati sottoposti a SLP e spirometria 144 pazienti di entrambi i sessi dai 5 ai 14 anni.

I dati forniti dalla registrazione con SLP corrispondevano alla media di almeno 3 misurazioni. Dalle analisi statistiche, effettuate controllando per fattori confondenti come età, sesso ed indice di massa corporea, è emerso come IE50 sia il parametro che discrimina in modo significativo i soggetti asmatici rispetto ai soggetti sani ($p = 0.009$). Inoltre, da un'ulteriore valutazione (Spearman Rank Correlation) è emerso come questo parametro correli in modo significativo con i valori di FEV_1 ($p = 0.029$).

CONCLUSIONI

Malgrado in letteratura siano ancora scarsi i dati sulla popolazione pediatrica (6), esistono diversi vantaggi nell'applicazione di questa nuova tecnologia (3,7,8).

La tecnica *no-contact* offre un valido e semplice utilizzo che non richiede particolare collaborazione da parte del paziente. Inoltre, la SLP può essere utilizzata per ricavare dati di funzionalità respiratoria in pazienti che non siano in grado di eseguire correttamente un esame spirometrico attendibile a causa di età, collaborazione o patologie.

Tra tutti i parametri di funzionalità respiratoria, l'IE50 è quello che maggiormente permette di valutare il grado di ostruzione bronchiale, mostrando valori più elevati nei soggetti asmatici rispetto ai controlli. La correlazione tra FEV_1 e IE50 mette in risalto come da una semplice valutazione dei movimenti toraco-addominali potrà, in un prossimo futuro, essere possibile valutare in modo molto più preciso ed accurato i volumi di aria mobilizzati durante un atto respiratorio.

Ciò offrirà inoltre la possibilità di seguire i pazienti longitudinalmente per monitorare il miglioramento clinico in associazione al regime terapeutico.

Sono tuttavia necessari ulteriori studi per estrapolare i *pattern* respiratori di SLP che permettano di caratterizzare meglio i quadri di ostruzione bronchiale da correlare con il grado di severità dell'asma.

BIBLIOGRAFIA

- (1) Konno K, Mead J. *Measurement of separate volume changes of rib cage and abdomen during breathing*. J Appl Physiol 1967; 22: 407-422
- (2) Parreira VF, Vieira DS, Myrrha MA, et al. *Optoelectronic plethysmography: a review of the literature*. Rev Bras Fisioter 2012; 16: 439-453.
- (3) de Boer WH, Lasenby J, Cameron J, et al. *SLP: A Zero-Contact Non-Invasive Method for Pulmonary Function Testing*. British Machine Vision Conference 2010 poster #85 BMVC 2010 doi: 10.5244/C.24. <http://bmv10.dcs.aber.ac.uk/proc/conference/paper85/paper85.pdf>

- (4) Iles R, Motamedi-Fakhr S, De Boer W, et al. *Comparison of Tidal Breathing Indices Measured Simultaneously Using Pneumotachography and Structured Light Plethysmography (SLP)*. In American Thoracic Society International Conference Meetings Abstracts, 2015, A2111-A2111.
- (5) Usher-Smith J, Wareham R, Cameron J, et al. *Structured light plethysmography in infants and Children – a pilot study*. Arch Dis Child 2009; 94: A38-40.
- (6) Levai I, Kimber K, de Boer W, et al. *A novel method of chest wall movement analysis using Structured Light Plethysmography: A study on Elite Athletes vs “Normal” Subjects*. Eur Resp J 2013; 42: P3982.
- (7) Ghezzi M, Piazza M, Tenero L, et al. *Structured Light Plethysmography (SLP): valutazione della funzionalità polmonare in pazienti pediatrici affetti da asma*. Atti del convegno SIMRI 2015.